

Rustovaurioiden kehittyvä diagnostiikka - nopein hoitotuloksia parantava tekijä?

Jari Salo^{1,3}, Juha Töyräs², Antti Joukainen¹, Jukka Jurvelin², Heikki Kröger¹

¹ Ortopedian, traumatologian ja käsikirurgian klinikka, Kuopion yliopistosairaala, Itä-Suomen yliopisto

² Fysiikan laitos, Itä-Suomen yliopisto

³ Mehiläinen, Töölö, Helsinki

Cartilage surgery is continuously developing. We already have reasonably good results in selected patient groups, but results are compromised by several factors. One important reason for suboptimal results is limited preoperative diagnostics. Routine clinical MRI is known to underestimate the area of cartilage, and its sensitivity is between 65 to 70 percent. Conical Beam CT (CBCT) is a novel imaging technique in orthopaedics. We have tested its accuracy in detecting cartilage defects in a clinical patient series. This abstract gives an overview of cartilage surgery, and shows initial results of CBCT-imaging. Role of improved preoperative diagnostics to clinical decision making and treatment results are discussed.

Nivelrusto toimii kuormitusta kestäväenä ja iskuja vaimentavana liukupintana. Ehjän hyaliiniruston rakenne on kerroksittainen, siten että pinnan kollageenisäikeistö on tangentialista, kääntyen varsin pian syvempiin kerroksiin mentäessä pystysuoraksi. Alin neljäs rustosta on mineralisoitunut kerros joka on erityisen lujasti kiinnittyneenä luuhun (1). Näyttää myös että rustonalaisen luun (subchondral bone) merkitys ruston hyvinvoinnissa, ja erityisesti iskunvaimennuksessa on nousemassa merkittävämpään rooliin (2).

Ruston kuvantaminen on lähtenyt epäsuorista menetelmistä. Edelleen käytössä oleva nivelraon korkeuden mittaaminen natiivikuvista on vanha, ja nykytiedon mukaan varsin epävarma menetelmä polven diagnostiikassa. Se on kuitenkin helposti saatavilla oleva menetelmä ja perusnatiivikuva tarjoaa paljon tietoa muuhun kuin rustojen diagnostiikkaan. MRI-kuvantamisen kehittyminen 1980-luvulta lähtien on tarjonnut mahdollisuuden nähdä nivelruston paksuus ja rakenne. Alkuvaiheen matalakenttälaitteiden jälkeinen kehitys on ollut merkittävä, ja nykyisellään polven MRI-kuvantaminen onkin jo yksi yleisimpiä MRI-

kuvantamisia ortopediassa. Esimerkiksi vuonna 2011 KYS OT-klinikka osti polven MRI-kuvauksia yhteensä yli 250.000 eurolla, kymmenkertaisesti vuoden 2001 tilanteeseen verrattuna. Samaan aikaan kierukkavammojen osalta samassa potilasaineistossa kuitenkin preoperatiivisen diagnostiikan osuvuus leikkaukslöydökseen verrattuna on kuitenkin alentunut (3).

Rustodiagnostiikan osalta tilanne on vielä haastavampi. Primaarikuvantamisen pitäisi antaa tietoa kliiniseen päätöksentekoon, erityisesti siihen onko polvessa rustovaurio vai ei, sekä siihen onko vaurio sellainen että se on perustellusti hoidettavissa konservatiivisesti, vai tarvitaanko kirurgista hoitoa. On myös raportoitu että operatiivisen hoidon ryhmän sisällä potilaiden oikein tapahtuva ohjaaminen debridement/piikitys-tyyppiseen hoitoon vs. erikoistuneeseen rustokirurgiaan vaikuttaa hoidon lopputuloksiin.

Rustovaurioiden korjausmenetelmät

Rustovaurioiden kirurgiset hoitomenetelmät voidaan jakaa pelkkään rustokerrokseen liittyviin toimiin, subkondraaliluuhun kohdistuviin menetelmiin, ja syvälle

luuhun asti ulottuviin toimenpiteisiin.

Pelkkään rustokerrokseen kohdistuvista toimenpiteistä yleisin on rustovaurioalueen läppämäisten tai repaleisten reunojen siistiminen purijoilla, shaverilla tai vaporisaattorilla. Vaporisaattorin käyttöön mahdollisesti liittyvästä rustosolujen nekroosista on keskusteltu, mutta vakuuttava näyttö suuntaan tai toiseen on vielä avoin. Tällaiset debridement -tyyppiset toimet voivat tuoda hyvä tuloksen jos rustot ovat muutoin hyvässä kunnossa ja vaurioalue on pieni. Tässä tutkimusnäyttö on kuitenkin vielä kirjavaa.

Erikoistuneemmista menetelmistä rustosoluviljelmä perustuu subkondraaliluun säilyttämiseen ehyenä, siinä viljellyt solut asetetaan puhdistetun subkondraaliluun ja ruston pinnan tasoon kiinnitetyn kalvon väliin. Rustosoluviljelmien tulokset vaihtelevat, Britaniassa tehtyjen pitkäaikaisseurantojen mukaan ACI-tekniikalla korjattujen rustojen 5-vuotisennuste on tyydyttävä (4,5). Ennustetta heikentävänä tekijänä on erityisesti mainittu aiemmat vaurioalueeseen tehdyt piikitykset sekä subkondraaliluun reaktiiviset muutokset pidempään olleissa vaurioissa (6). Näin ollen optimaalinen potilas nykykäsityksen mukaan olisi nuori, aktiivisesti polveaan tarvitseva potilas jolla rustovaurio on alle 3 vuotta vanha eikä siihen vielä ole tehty subkondraaliluuhun kohdistuvia toimenpiteitä. Satunnaistetussa tutkimusasetelmassa tilastollisesti merkitsevää eroa mikrofraktuuran ja ACI:n välillä ei näyttäisi olevan (7).

Subkondraaliluuhun kohdistuvat toimenpiteet perustuvat luukerrokseen lävistämiseen siinä määrin, että alta tihkuu verta nivelpintaan (8–10). Alueelle muodostuu arpirustoa, jossa sisäinen rakenne ei vastaa hyaliinirustoa, mutta se voi olla toiminnallisesti riittävä apu potilaalle. Vanhimmissa menetelmissä tehdään pelkät reiät joko piikittämällä tai poraamalla, uudemmissa hyödynnetään lisäksi kalvoja joilla rei'itetty alue peitetään. Näihin kalvoihin on myös mahdollista viljellä soluja, ja osteokondraalisiin puutoksiin on mahdollista yhdistää myös soluviljelmät (5). Perinteisen piikityksen ja porauksen tulokset vaihtelevat suuresti, mutta oikealla potilasvalinnalla ja riittävän pieniä puutosalueita hoitamalla tulokset voivat vuoden kohdalla hyvinkin olla 60–70 prosenttisia.

Syvempiin luukerrokseen kohdistuvia toimenpiteitä ovat rustoluulieriot (mosaiikkiplastia), porareikiin asetettavat inorgaaniset plugit, demineralisoidun luun käyttö, allograftisiirteet, sekä jo käytöstä poistunut abrasioartroplastia. Mosaiikkiplastia on huolella tehtynä osoittautunut toimivaksi tavaksi korjata rustovaurioi-

ta myös silloin kun subkondraaliluussa on puutoksia (OCD), tai kun pelkkä piikitys ei ole tuottanut toivottua tulosta. Ongelmana voi olla siirrelieriöiden istuvuus ympäristöönsä, sekä korjausalueen rajattu koko. Keinomateriaalien kanssa tehdyllä korjauksella pyritään välttämään ottokohdan ongelmia. Demineralisoidun luun käyttö rustovaurioiden korjauksessa perustuu omien kantasolujen stimuloimiseen syvästä luukerroksesta. Tulokset näyttävät lupaavilta, erityisesti polven osalta. Allograftisiirteitä on käytetty pitkään laajojen osteokondraalisten puutosten hoidossa, mutta niiden käyttö rajoittuu yksittäistapauksiin ja tulokset vaihtelevat suuresti.

Kansainvälisissä hoitosuosituksissa valinta eri menetelmien välillä perustuu useimmiten vauriokohdan syvyyteen ja pinta-alaan. Syvyysluokitus perustuu ICRS:n (International Cartilage Repair Society, www.cartilage.org) viisiportaiseen asteikkoon jossa 0=täysi rustopaksuus ja 4= totaali, syvä rustopuutos. Luokitus ei suoraan ota kantaa subkondraaliluun tilaan. Pinta-alan mittaaminen tapahtuu käytännössä leikkauksen yhteydessä. Preoperatiiviseen MRI-kuvantamiseen verrattuna vauriokohdan todellinen koko on usein 30–50 prosenttia suurempi, tämä on syytä huomioida korjauksia suunniteltaessa.

Miten preoperatiivinen diagnostiikka vaikuttaa hoitoon?

Hoitosuositukset perustuvat usein pitkälti rustovaurion pinta-alaan. On kuitenkin näyttöä että monet muutkin asiat vaikuttavat hoidon valintaan ja lopputulokseen (8). Esimerkiksi rustosoluviljelmien parhaat tulokset on saatu lateraalisen femurkondyylin ja sulkuksen alueen vammoissa. Polvilumpion puolestaan on kohta josta rustovaurio on kaikkein helpoin osoittaa MRI:llä, mutta sen korjaaminen on hankalinta.

Jos preoperatiivisesti on tiedossa rustovaurio, voidaan hoito suunnitella etukäteen, kunhan muistetaan huomioida että vaurio on aina suurempi kuin MRI näyttää. Epävarmuustekijäksi jää tuolloin se, onko vaurioita myös muilla alueilla jotka voivat vaatia erilaista korjausta. Jos käytössä on tuore skopiadokumentatio, voidaan tätä pitää lisäarvona, mutta skopiakaan ei ole täysin luotettava tapa määrittää rustovauriota.

Uudet diagnostiset menetelmät

Rustovaurioiden diagnostiikalle on kaksi selkeästi erityyppistä tarvetta: rustovaurioiden poissulku tai osoit-

taminen preoperatiivisesti, sekä rustovaurion korjauksen jälkeinen ruston laadun selvittäminen (11,12).

Näistä ensin mainittu on puhtaasti kliinisen työn tarpeeseen, jälkimmäinen on enempi tieteelliseen käyttöön uusia hoitomenetelmiä kehitettäessä ja niiden tuloksia arvioitaessa. Käytössä tai tutkimuksen kohteena ovat ainakin skopian aikainen ruston puristuslujuuden mittaus, ultraäänikuvantaminen, sekä optinen koherenssitomografia (13–16).

Viimeaikaisen kirjallisuuden valossa näyttäisi että rutiiniluontoisena tehdyn MRI-kuvantamisen sensitiivisyys polven rustovaurion osoittajana on noin 65–70 prosentin luokkaa (17,18). Magneettikuvauksessa kuvan laatu riippuu monesta tekijästä, ja erityistekniikoilla voidaan päästä rustossakin hyvin tarkkaan kuvantamiseen, mutta toistaiseksi kliiniseen rutiinikäyttöön hyväksyttävät kuvausajat ja laitehinnat ovat rajoittaneet näiden laajempaa hyödyntämistä. Kliinissä työssä saatavilla olevat magneettikuvaukset pystyvät osoittamaan koko rustopinnan lävistävät Gr IV vauriot merkittävästi paremmin kuin Gr III tai Gr II vauriot. Gr I osalta ollaan tilanteessa jossa voidaan perustellusti kysyä onko niiden näkemisellä akuuttia kliinistä merkitystä. Hankalin kliininen oireisto MRI:ssä näkemättä jääneissä vaurioissa liittyy läppämäisiin, koko rustopakkuuden käsittäviin repeämiin (delaminoituminen), joissa kuvauksen paikkaerotuskyky ei aina riitä näyttämään ohutta nestevaippaa paikoillaan olevan rustoläpän ja subkondraaliluun välissä (18). Kliinisen oireiston ja MRI-kuvauslöydöksen yhteensovittamista hankaloittavat sekä oireettomien polvien iän myötä lisääntyvät MRI-löydökset, että polven kipuaistimuksen monimutkaisuus (19–21).

Kartiokeilakuvantaminen

Kartiokeilakuvaus on yksi tapa saada kuvauskohteesta kolmiulotteinen data röntgensäteiden avulla. Eroina monileketietokonekerroskuvaukseen ovat pienempi sädeannos, tarkempi paikkaerotuskyky sekä luonnostaan kuvausmenetelmään kuuluva isotrooppinen kuva-alkio. Isotrooppisuus tarkoittaa yksittäisen kolmiulotteisen kuva-alkion symmetrisyyttä kaikissa kolmessa suunnassa. Tällöin kuvatiedosta voidaan tehdä kuvauksen jälkeen leikkeet tai leikepinnat vapaassa katselukulmassa alkuperäisellä resoluutiolla. Kartiokeilakuvantamista on käytetty jo pitkään kallon sekä leukojen alueen kuvantamisessa, mutta ortopedisessa kuvantamisessa tekniikka on vielä nuori. Ensimmäinen nimenomaan raajojen kuvantamiseen kehitetty

laite on suomalainen Planmed Verity -kuvantamislaitte, jolla on tehty ensimmäiset tutkimussarjat niin raajoista, ranteen rustoista ja ligamenteista, jalan toiminnasta painonvarauksen alla kuin korkean resoluution rustokuvantamisista (22, 23).

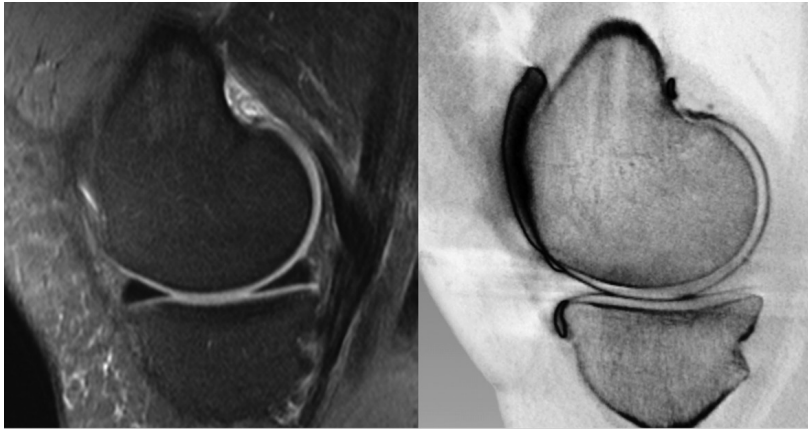
Rustokuvantaminen tällä tekniikalla perustuu varjoaineen käyttöön. Varjoaine muodostaa nivelontelon täyttävän rtg-positiivisen alueen (22). Tämän avulla nähdään koko nivelontelon muoto, mukaan lukien ristisiteet, kierukat ym intra-artikulaariset rakenteet. Ruston osalta tutkimus on erityisen tarkka subkondraaliluukerroksen rajatessa ruston toisen puolen (kuva 1). Tällöin artrografiavaiheessa (kuvaus heti varjoaineen laittamisen jälkeen) nähdään ruston pinnan muoto, paksuus sekä pinnassa olevat vauriot kauttaaltaan 0,2 mm tarkkuudella. Tämän vaiheen kuvaus ei kerro ruston sisäisestä rakenteesta, mutta subkondraaliluun rakenteen muutokset nähdään poikkeuksellisen tarkoin. On myös alustavaa dataa siitä, että yhdistämällä viivästetyn vaiheen (45min) kuvaus artrografiavaiheeseen, voidaan analysoida ruston sisäistä rakennetta varjoaineen imeytymiseen perustuen (24). Tässä siis varjoaine hakeutuu rustoon nivelen kautta, erotuksena dGemric-kuvaukseen jossa iv varjoaine hakeutuu rustoon (25).

Oma aineisto

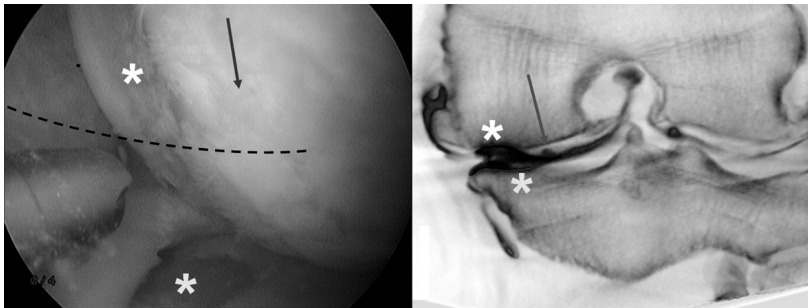
KYS ortopedian, traumatologian ja käsikirurgian klinikassa tehdyssä potilasaineistossa kartiokeilakuvauksen osuvuutta rustovauriodiagnostiikassa on verrattu magneettikuvauksissa sekä skopiassa nähtyihin löydöksiin (kuva 2). 16 rustovauriopotilaan aineistossa (taulukko 1) preoperatiivinen MRI pystyi osoittamaan rustovaurioista 9/16 (56%), kartiokeilakuvaus 15/16 (94%) skopialöydöksiin verrattuna. Syvyyslukuittelu tehtiin pahimman todetun rustovaurion mukaan.

Taulukko 1. Preoperatiivisesti nähdyt rustovauriot syvyyden mukaan luokiteltuina.

	MRI	CBCT	Artroskopia
Grade I	0	1	1
Grade II	2 (50%)	3 (75%)	4
Grade III	5 (63%)	8 (100%)	8
Grade IV	2 (67%)	3 (100%)	3
Total	9 (56%)	15 (94%)	16



Kuva 1. MRI:n T2-kuvan ja CBCT-kuvan vertailu polven mediaalisen kompartmentin rakenteissa. Sekä rusto että kierukka ovat ehjät, CBCT-kuvassa ruston paksuus on mitattavissa ja subkondraaliluun rakenne piirtyy tietokonetomografialle tyypillisesti tarkemmin.



Kuva 2. Artroskopiaalöydös jossa sekä reisiluun että sääriluun pinnassa on jo Gr IV rustopuutokset, lisäksi reisiluun puolella pitkittäinen Gr III vaurio.

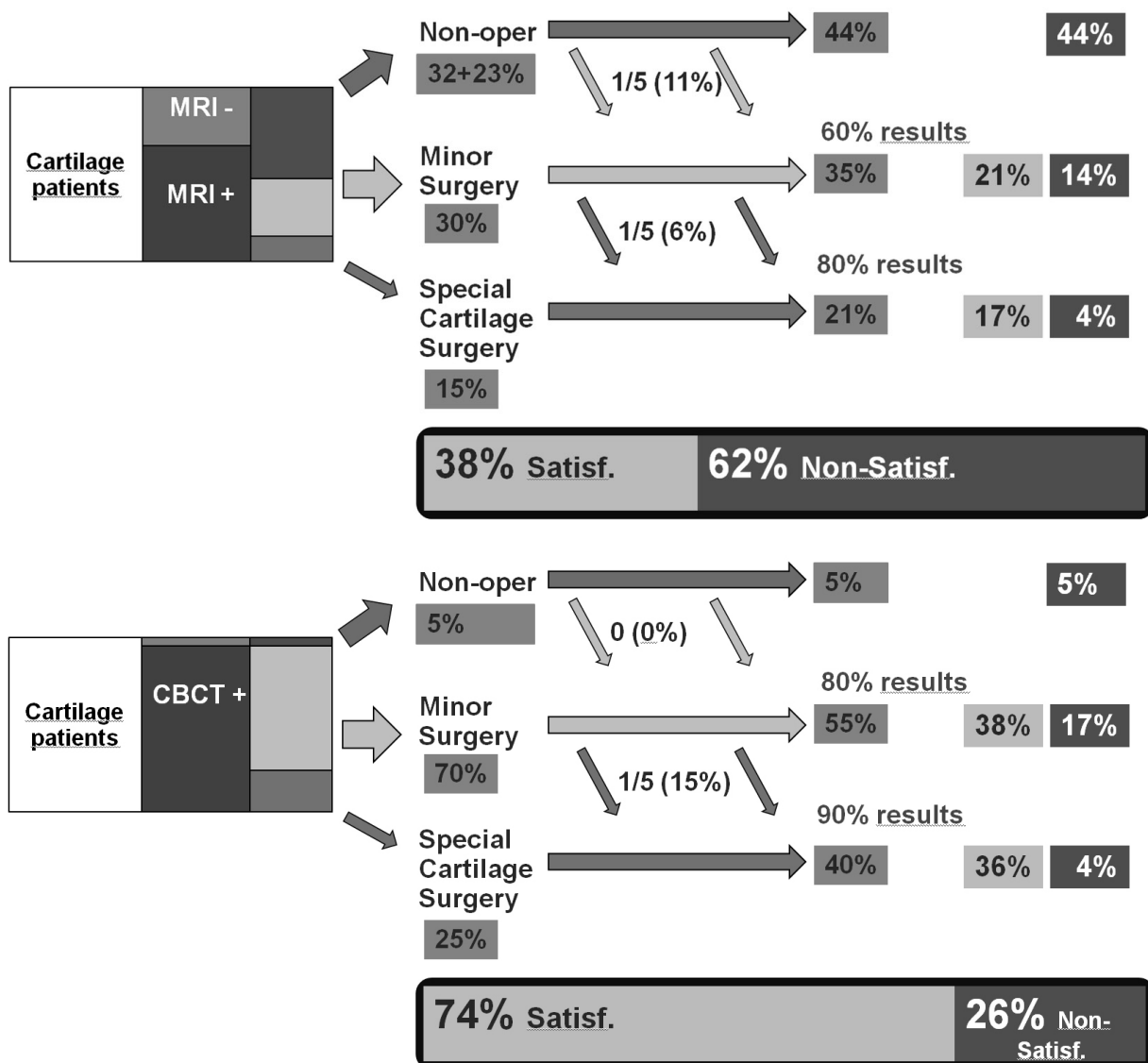
Pohdinta

Preoperatiivinen diagnostiikka on tärkeää rustovaurio-potilaan hoidossa. Rustovaurion epäileminen vaivojen syyksi on syytä pitää mielessä jos potilaalla on nivelen kuormitukseen, ja erityisesti kuormituksen jälkeiseen iltaan ja yöhön, liittyviä kipuja ja turvottelua. Myös kivulias rutina ja ajoittaiset lukko-oireet ovat läppämäisissä vaurioissa ja revenneiden irtopalojen kohdalla mahdollisia.

Osin hypoteettinen kaavio korostaa primaaridiagnostiikan merkitystä hoitotuloksissa (kuva 3). Kaavio perustuu nykykirjallisuuden tuloksiin diagnostiikan osuvuudesta ja tämän hetken hoitotekniikoiden tuloksiin. Potilaiden ohjautuminen konservatiiviseen hoitoon, pieniin rustotoimenpiteisiin tai erikoistuneeseen rustokirurgiaan vaihtelee erittäin paljon maittain ja yksiköittäin, kaavion luvut edustavat keskiarvoistettua käsitystä rustokokouksissa läpikäydyistä aineistoista. Suomen kohdalla todennäköisesti konservatiivinen hoito ja minor cartilage surgery ovat vielä tätäkin yleisempiä.

Hoidon tuloksen kannalta on tärkeää että potilaat ohjautuvat mahdollisimman varhain oikeisiin hoitotoimiin. Lyhykäisydessään kyse on siitä onko potilaalla hoitoa vaativaa rustovauriota vai ei, tai onko

rusto-ongelma jo niin pitkällä että potilas hyötyisi tekonivelratkaisusta. Toisen vaiheen kysymys on sitten todetun rustovaurion optimaalisen hoidon suunnittelu.



Kuva 3. Rustovauriopotilaan hoidossa alkuvaiheen diagnostiikka vaikuttaa voimakkaasti lopputulokseen. Esimerkkinä ylemmässä kaaviossa tämän hetkinen tilanne, jossa suurin yksittäinen hoitolinja on konservatiivinen. Seuranta-aika on kuitenkin kallista ja voi johtaa tilanteen pahentumiseen. Alemmassa kaaviossa nähdään miten primaarivaiheen diagnostiikan osuvuuden merkittävä parantuminen voi vaikuttaa hoidon lopputuloksiin. Tämä siis ilman uusia hoitomuotoja, mutta tarkemmalla potilasvalinnalla kuhunkin hoitoryhmään (26).

Kirjallisuus:

1. Hoemann CD, et al. The cartilage-bone interface. *J Knee Surg.* 2012;25(2):85-97.
2. Gomoll AH, et al. The subchondral bone in articular cartilage repair: current problems in the surgical management. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(4): 434-447.
3. Kallio A. Syventävät opinnot, KYS/UEF. 2013.
4. Bentley G, et al. Minimum ten-year results of a prospective randomised study of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for symptomatic articular cartilage lesions of the knee. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94-B(4):504-509.
5. Vijayan S, et al. Autologous chondrocyte implantation for osteochondral lesions in the knee using a bilayer collagen membrane and bone graft: a two- to eight-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94-B(4):488-492.
6. Minas T, et al. Increased failure rate of autologous chondrocyte implantation after previous treatment with marrow stimulation techniques. *Am J Sports Med.* 2009;37(5):902-908.
7. Knutsen G, et al. A randomized trial comparing autologous chondrocyte implantation with microfracture. Findings at five years. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89-A(10):2105-2112.
8. Chen H, et al. Bone marrow stimulation induces greater chondrogenesis in trochlear vs condylar cartilage defects in skeletally mature rabbits. *Osteoarthritis Cartilage.* 2013;21(7):999-1007.
9. Chen H, et al. Drilling and microfracture lead to different bone structure and necrosis during bone-marrow stimulation for cartilage repair. *J Orthop Res.* 2009;27(11):1432-1438.
10. Steinwachs MR, Guggi T, Kreuz PC. Marrow stimulation techniques. *Injury.* 2008;39 Suppl 1:S26-31.
11. de Windt TS, et al. Is magnetic resonance imaging reliable in predicting clinical outcome after articular cartilage repair of the knee? A systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2013;41(7):1695-1702.
12. Smith GD, et al. Arthroscopic assessment of cartilage repair: a validation study of 2 scoring systems. *Arthroscopy.* 2005;21(12):1462-1467.
13. Liukkonen J, et al. Arthroscopic ultrasound technique for simultaneous quantitative assessment of articular cartilage and subchondral bone: an in vitro and in vivo feasibility study. *Ultrasound Med Biol.* 2013;39(8):1460-1468.
14. Viren T, et al. Comparison of ultrasound and optical coherence tomography techniques for evaluation of integrity of spontaneously repaired horse cartilage. *J Med Eng Technol.* 2012;36(3): 185-192.
15. Viren T, et al. Ultrasonic evaluation of acute impact injury of articular cartilage in vitro. *Osteoarthritis Cartilage.* 2012;20(7):719-726.
16. Te Moller NC, et al. Arthroscopic optical coherence tomography provides detailed information on articular cartilage lesions in horses. *Vet J.* 2013;197(3):589-595.
17. Kijowski R, Gold GE. Routine 3D magnetic resonance imaging of joints. *J Magn Reson Imaging.* 2011;33(4):758-771.
18. Winalski CS, Rajiah P. The evolution of articular cartilage imaging and its impact on clinical practice. *Skeletal Radiol.* 2011;40(9):1197-1222.
19. Dye SF, Vaupel GL, Dye CC. Conscious neurosensory mapping of the internal structures of the human knee without intraarticular anesthesia. *Am J Sports Med.* 1998;26(6):773-777.
20. Guermazi A, et al. Prevalence of abnormalities in knees detected by MRI in adults without knee osteoarthritis: population based observational study (Framingham Osteoarthritis Study). *Br Med J.* 2012;345:e5339.
21. Konttinen YT, et al. Innervation of the joint and role of neuropeptides. *Ann NY Acad Sci.* 2006;1069:149-154.
22. Koskinen SK, et al. CT arthrography of the wrist using a novel, mobile, dedicated extremity cone-beam CT (CBCT). *Skeletal Radiol.* 2013;42(5):649-657.
23. Tuominen EK, et al. Weight-bearing CT imaging of the lower extremity. *AJR Am J Roentgenol.* 2013;200(1):146-148.
24. Kulmala KA, et al. Diffusion of ionic and non-ionic contrast agents in articular cartilage with increased cross-linking- Contribution of steric and electrostatic effects. *Med Eng Phys.* 2013;35(10):1415-1420.
25. Hirvasniemi J, et al. In vivo comparison of delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage and delayed quantitative CT arthrography in imaging of articular cartilage. *Osteoarthritis Cartilage.* 2013;21(3):434-442.
26. Salo J, et al. International Cartilage Repair Society Meeting, oral presentation, 2013.